

引用格式:李琪,李凯.病虫害防治托管对技术效率的影响:基于横向分工与纵向协同视角[J].资源科学,2022,44(10):1964-1979. [Li Q, Li K. Impact of pest control trusteeship on technical efficiency: From the perspective of horizontal division efficiency and vertical coordination efficiency[J]. Resources Science, 2022, 44(10): 1964-1979.] DOI: 10.18402/resci.2022.10.02

病虫害防治托管对技术效率的影响 ——基于横向分工与纵向协同视角

李琪,李凯

(曲阜师范大学经济学院,日照 276800)

摘要:随着农村劳动力加速转移,健全农业生产托管体系成为衔接小农户和现代农业发展的有效方式。为明确病虫害防治托管对生产技术效率的作用机制,本文基于山东省1103户农户调研数据,从分工效率视角刻画了不同类型病虫害防治托管对小麦生产技术效率的影响,并利用得分倾向匹配法解决了“内生性”和“自选择”问题。研究发现:①形成横向分工效率的连片化托管或深化纵向协同效率的全程托管对农药技术效率的提升作用十分显著,而碎片化托管或病虫害防治单环节托管不仅不足以起到优化生产效率的功能,甚至不及农户的精耕细作。②形成横向连片规模后的病虫害统防统治能够在一定程度上缓解单环节托管的效率不足。可见,参与托管并不总是能够提升农户生产技术效率。③村集体对生产托管的监督并未起到提升农药技术效率的作用。在进行了规模异质性分析、替换为IV-Tobit研究方法以及替换为截尾样本后,上述结论依旧成立。④绿色生产要素作用的发挥也有赖于服务的分工效率,在形成了分工效率的病虫害防治托管中引入绿色机械与绿色技术要素对提升技术效率具有显著的正向强化作用。结论对优化当前的农业生产托管模式、提升农业生产托管质量和效率具有借鉴意义。

关键词:病虫害防治;农业生产托管;农药技术效率;横向分工效率;纵向协同效率;得分倾向匹配法;随机前沿模型;山东

DOI: 10.18402/resci.2022.10.02

1 引言

随着中国农村劳动力结构改变与农业生产方式转型,农业社会化服务应运而生。大力发展农业社会化服务,既能将劳动力从农业生产经营束缚中解放出来,有效解决“谁来种地”“怎么种地”难题,又能推进小农户与现代农业衔接,实现生产“绿色化”“高效化”转型。可以预见,在“大国小农”的基本国情下,社会化服务在推进现代农业高质量发展过程中势必会承担起越来越重要的功能。

已有关于社会化服务对小农户影响的研究主要围绕3个主题展开:①基于收入视角,分析社会化服务对农户福利的影响。例如,杨志海^[1]构建了反

事实框架分析认为,生产环节外包能够通过优化资源配置、促进专业分工提高人均纯收入;罗明忠等^[2]认为,农机社会化服务主要通过缩小农户间的劳动力和技术禀赋差异来缓解农村经济的相对贫困;李忠旭等^[3]还指出,土地托管不仅可以提升家庭收入,还可以促进家庭消费支出。②基于要素投入视角,考察社会化服务对绿色生产转型的影响。研究普遍认为,社会化服务有助于降低农户化肥投入量与农药投入费用^[4,5],区域专业连片化产生的人力资本积累和纵向分工的迂回技术促进了农户化肥减量行为^[6]。③基于技术效率视角,考察社会化服务对生产效率的影响。研究指出,社会化服务通过科技

收稿日期:2022-06-07;修订日期:2022-09-08

基金项目:国家社会科学基金项目(19CGL035);山东省自然科学基金项目(ZR2020QG048;ZR2020QG049)。

作者简介:李琪,女,山东青岛人,副教授,硕士生导师,研究方向为农业资源与环境经济。E-mail: liqi-yueji2009@163.com

通讯作者:李凯,男,山东东营人,副教授,硕士生导师,研究方向为农业绿色发展。E-mail: likaiqfsfse@qfnu.edu.cn

2022年10月

引入效应和劳动替代效应^[7],有效提升了农业全要素生产率^[8]、技术效率^[9,10]和绿色生产率^[11],但具体影响在不同环节和不同群体间存在异质性^[12,13]。

值得注意的是,尽管现有研究大多肯定了社会化服务的积极作用,但对技术密集型环节的服务效果还存在明显争议。例如,张忠军等^[13]研究发现育秧、病虫害防治等技术密集型环节外包会显著提升水稻技术效率;而孙顶强等^[14]则认为病虫害防治服务会降低水稻技术效率。持正向评价的研究认为,技术密集型环节如果交由专业化服务组织,娴熟的农机手配合自动化机械能够有效发挥出劳动力替代效应,从而优化要素配置,提高技术效率^[11-15]。然而持负向评价的研究认为,与劳动力密集型环节相比,技术密集型环节标准化程度较低,加之作业时间与劳动力投入分散,共同导致监督难度大,极易诱发服务主体的道德风险^[14]。本文认为,研究结论之所以会产生争议是因为:现有研究仅关注了个体是否购买服务,却忽略了社会化服务的模式差异。由于不同服务模式具有不同的分工效率,分工效率的差异会诱发服务主体在效益最大化目标下选择不同的要素配置行为与技术匹配策略,从而直接影响主体的服务行为、服务质量和防治技术效果,并间接影响技术效率。此外,不同的服务模式下道德风险治理机制存在较大差异,也直接影响了最终的服务效果,但已有研究尚未对此予以重视。

生产托管作为社会化服务的一种特殊方式发展迅速。截至2020年底,农业生产托管服务面积已经超过1.07亿公顷次,服务粮食作物面积超过6000万公顷次,服务带动小农户7000万户。2022年中央“一号文件”首次提出要支持各类主体大力发展生产托管服务。病虫害防治托管可以缓解劳动力约

束的同时推进绿色防治,对保障粮食质量安全具有重要意义。综上,为有效发挥出生产托管在推进农业高质量发展中的关键作用,从分工效率视角出发,首先基于山东省小麦种植户调研数据和随机前沿函数计算农药技术效率,利用得分倾向匹配法考察病虫害防治托管对小麦农药技术效率的影响;其次,着重从横向分工效率、纵向协同效率和增加中间品投入3条路径分别检验不同托管规模、托管环节和托管监督对农药技术效率的影响;最后,分析绿色生产要素的引入在病虫害防治托管影响农药技术效率中的调节作用,为完善中国农业生产托管体系提供实证研究支撑。

2 理论分析与研究假设

古典经济学认为,分工水平的高低是经济增长的决定力量^[16,17]。根据罗必良^[18]对分工经济的讨论,一方面,农业社会化服务通过产品专业化与区域专业化,提升机械连片作业范围,形成市场容量与横向分工效率;另一方面,通过分离整地、播种、育秧等生产环节,将部分环节外包,形成纵向协同效率。因此,提升生产托管有效性,可以从创造横向分工效率、深化纵向协同效率和增加中间品投入3条路径入手,考察托管模式、分工效率与技术效率之间的关系(图1)。

2.1 托管规模、横向分工与技术效率

耕地不可移动性、地形不一致性、地块零散性决定了服务主体进入农地作业存在较高的场地转换成本^[19-21]。高效植保机械具有较高的地域专用性和环节专用性,为了降低转场成本对分工效率的消耗,要求有足量且空间连续的服务需求,因此需要形成连片化的托管服务规模^[22,23]以创造横向分工效率,降低转场成本。实证研究也表明,采纳绿色防控后的粮食单产和效益会随着生产规模的增加而

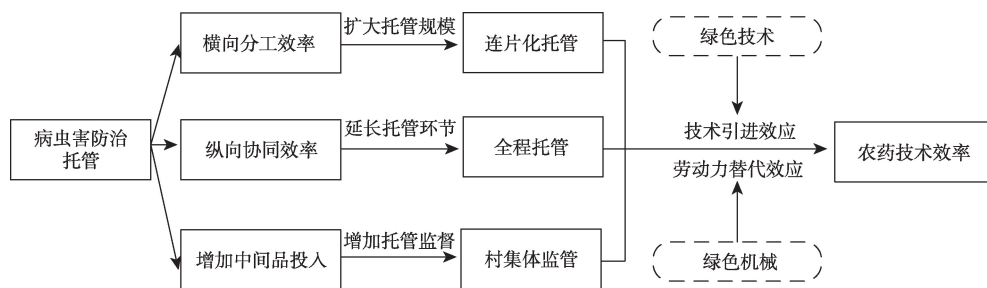


图1 研究思路

Figure 1 Framework of the research

增加^[24,25]。从技术特征来看,与碎片化防治相比,连片化防治实现了短时间的跨区域、大范围统一防控,形成正外部性^[24],避免了“你打虫他不打虫”导致虫害交叉复发的可能性^[26],提升了防治效果。综上,形成连片化防治规模是创造横向分工效率的重要前提,也是托管服务提升农药技术效率的充分条件。反之,碎片化(非连片化)防治服务不仅无法给予服务主体提高托管质量的经济动力,甚至无法取得理想的病虫害防治效果。鉴于此,提出假设:

H1:相比碎片化病虫害防治,创造出横向分工效率的连片化防治托管^①能够有效提升农药技术效率。

2.2 托管环节、纵向协同与技术效率

分工理论表明,分工产生的报酬递增要求不同生产环节相互协调,促使纵向服务不断深入,进而优化生产要素配置,提高技术效率^[18]。目前农业生产托管主要演化出“菜单式”单环节或多环节托管和“保姆式”全程托管两类模式。其中,全程托管是指农户在不改变土地经营权的前提下,将“耕种防管收”全部环节托管给服务主体。与单环节托管相比,全程托管实行统一耕种、统一管理、统一收割,通过各环节的相互协调、合作以及迂回生产链条的不断加长,形成了纵向协同分工,将人力资本、知识与技术导入农业生产全领域^[7],进而提高各生产要素技术效率^[27]。

此外,作为技术密集型环节,病虫害防治服务药剂的用水量、喷洒的均匀程度难以标准化,服务时间分散,加之农业产出受多要素投入与自然条件的综合影响,很难判断病虫害防治托管效果^[28,29]。在这种情况下,病虫害防治单环节托管一般只承诺本环节作业质量,无法与最终产量挂钩,因而难以对服务主体作业质量形成约束。全程托管则明确了生产责任归属,双方构建起紧密型利益联结契约^[30],在收取托管服务费用的同时根据合约进行分成,这也是托管作业区别于一般生产性服务的最主要特征^[31]。托管主体具备了服务者和经营者的双重身份,对最终的产出负责,避免了道德风险与机会主义行为,也大大减少了监督成本。鉴于此,提出假设:

H2:相比于病虫害防治单环节托管,形成纵向协同分工的全程托管能够有效提升农药技术效率。

2.3 第三方监管、中间品投入与技术效率

技术密集型生产服务属于典型的信任品,加之农业分工和劳动计量难题,使服务市场具有明显的信息不对称,托管主体在自身利益最大化目标下倾向于节约成本的粗放型防治方式,这也是部分研究质疑托管作业效果的主要原因。增加中间品投入,既可以缓解农业劳动的监督协调问题,也可以改善迂回经济^[18]。优化生产组织形式,纳入第三方监督主体是增加中间品投入的重要途径^[20]。村集体作为“熟人社会”中最为常见的第三方监督主体^[32],不仅能够土地置换等方面充分发挥“居间”协调作用^[33,34],降低托管主体与农户对接的交易成本^[35,36],还被认为具有监督托管作业、组织验收等功能^[37],从而保障了作业质量。鉴于此,提出假设:

H3:村集体作为第三方监管主体对防治托管作业的监管能够有效提升农药技术效率。

2.4 绿色机械替代、绿色技术引入与技术效率

对已有研究整理可知,社会化服务对生产的影响主要通过两条路径^[10]:①机械对劳动力的替代效应;②技术引入效应。随着农业高质量发展任务不断推进,生产托管承担着推进小农户绿色农业转型的重要功能,在机械替代和技术引入的路径中融入绿色、节药的防控机械与防控技术要素,既解决了农业绿色技术推广的难题,也改变了传统防治方式的成本投入、防治流程、喷洒效率等,从而对托管与农药技术效率之间的关系产生了影响。鉴于此,提出假设:

H4:在劳动力替代和技术引进两条影响路径中,引入绿色生产要素会对托管与农药技术效率之间的关系起到调节作用。

3 研究方法 with 数据

3.1 研究方法

3.1.1 技术效率模型

随机前沿生产函数^[38,39]模型基本形式为:

$$\ln Y_i = f(\ln X_i) + v_i - u_i \quad (1)$$

式中: Y_i 代表第 i 个农户的产出; $f(\ln X_i)$ 为前沿生产函数; X_i 为第 i 个农户的一组生产要素投入。随

① 通过与本地服务组织与农技人员的访谈,将达成50亩以上(包括50亩)的防治规模定义为连片化防治。

2022年10月

机前沿模型的混合误差项为 $v_i - u_i$, 其中 v_i 为传统对称的随机扰动项; u_i 为技术非效率损失。第 i 个农户的技术效率值 $T_i \in [0, 1]$, 可表示为:

$$T_i = \frac{Y_i}{\exp[f(\ln X_i) + v_i]} = \exp(-u_i) \quad (2)$$

在随机前沿模型变量较多的情况下, C-D型生产函数的估计效果要优于超越对数生产函数^[40], 故利用前者进行估计^②。Battese等^[41]提出了同时估计技术效率模型和技术效率损失模型的“一步法”, 但无法解决病虫害托管变量的内生性问题, 因此, 此处只计算技术效率, 不加入外生变量。小麦生产要素包括种子、化肥、农药、机械和劳动力(包括雇工和自家工)。由于C-D生产函数中不能有含0变量, 参考 Battese^[42]添加虚拟变量的方法对部分小农户机械投入为0的变量进行处理, 以保证方程估计的无偏性。技术效率模型表示如下:

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln Seed_i + \beta_2 \ln Fer_i + \beta_3 \ln Pes_i + \beta_4^1 Z_i + \beta_4 \ln Mech_i + \beta_5 \ln Lab_i + \sum_{j=1}^3 \alpha_j K_{ij} + v_i - u_i \quad (3)$$

式中: $Seed_i$ 、 Fer_i 、 Pes_i 、 $Mech_i$ 和 Lab_i 分别为种子、化肥、农药、机械和劳动力等投入要素; Z_i 为机械投入虚拟变量; K_{ij} 为地区虚拟变量; j 为样本地区; β_0 为常数项; $\beta_1 - \beta_5$ 和 α_j 为待估系数。

3.1.2 得分倾向匹配模型

将病虫害防治托管设定为自变量直接进行多元回归是有误的, 这是由于: ①农户是否参与病虫害防治托管决策并非随机, 而是受不可观测因素影响, 存在“自选择”问题。②自家产量过低的农户希望通过专业化托管来提升产出, 因此技术效率和托管服务之间还存在双向因果关系的“内生性”问题。鉴于此, 利用得分倾向匹配法(PSM)构建反事实假设, 将处理组中的个体按照各特性“距离”相近的原则与控制组中的个体进行匹配, 使匹配后的农户除是否接受托管外并无显著差异, 以解决上述问题。农户个体的倾向得分(即条件概率拟合值)可表达为:

$$p(Q_i) = p_r[D_i = 1|Q_i] = \frac{\exp(\eta Q_i)}{1 + \exp(\eta Q_i)} \quad (4)$$

② 在构建C-D型生产函数前首先建立了超越对数生产函数并进行回归, 由于连续型变量与其交互项和平方项高度相关, 估计结果出现了严重的共线性, 因此不采纳超越对数生产函数结果, 而利用C-D型生产函数进行估计。

式中: P 为要估计的倾向性得分, 表示农户参与病虫害防治托管的概率; $p_r(\cdot)$ 为概率累积密度函数; Q_i 为协变量, 参考已有研究^[2,28,43,44]进行选择; η 为待估参数; $D_i = 1$ 表示参与病虫害防治托管, $D_i = 0$ 则表示未参与病虫害防治托管。

匹配后参与托管与未参与托管农户之间的技术效率差异可用平均处理效应(Average Treatment Effect on the Treated, ATT)来衡量。公式表示为:

$$\begin{aligned} ATT &= E[(T_{1i} - T_{0i})|D_i = 1] \\ &= E\{E[(T_{1i} - T_{0i})|D_i = 1], p(Q_i)\} \\ &= E\{E[T_{1i}|D_i = 1, p(Q_i)] - E[T_{0i}|D_i = 0, p(Q_i)]\} \end{aligned} \quad (5)$$

式中: T_{1i} 为参与病虫害防治托管农户的农药技术效率; T_{0i} 为未参与病虫害防治托管农户的农药技术效率。具有相同或相近倾向得分的未参与托管农户构成了反事实组别。

3.2 数据来源与描述性分析

样本数据来源于2021年山东省生产托管情况实地调查。山东省作为生产托管的发源地已基本形成了贯穿整个生产过程的服务链条。2020年全省各类社会化服务主体超过13万家, 农业生产托管服务面积超过1000万公顷次, 服务主体数量、托管服务面积分别占全国的15%和9%, 为开展农业生产托管服务研究提供了经验支持, 也为收集数据提供了现实条件。根据第一批山东省农业生产社会化服务规范化建设试点县名单, 分别选择西北部德州市庆云县、西南部临沂市临沭县、东北部烟台市招远市和东南部青岛市莱西市4个县(市)作为样本地区。调查利用分层抽样法选取样本, 根据小麦种植面积, 将样本县(市)中所有乡(镇)分为高、中、低3个组别, 并从每组中随机抽取1个乡(镇); 然后, 在每个乡(镇)随机抽取3个行政村, 合计选取了36个村; 最后, 在每个样本村随机抽取25~35户开展入户调查。以农民口述、调查员填写的形式填写问卷, 共回收问卷1166份, 其中有效问卷1103份。

根据描述性分析(表1), 样本农户普遍呈现出老龄化、低文化、厌恶风险与兼业化等特征。土地

表1 样本农户基本特征

Table 1 Basic characteristics of sample farming households

	变量名称	变量定义	均值	标准差
个体禀赋	户主年龄	户主的年龄/岁	51.70	9.87
	户主学历	小学及以下学历=1;初中学历=2;高中学历=3;高中以上学历=4	1.94	0.80
	是否担任过行政职务	是=1;否=0	0.13	0.34
	风险态度	风险偏好者=1;风险中立及厌恶者=0	0.36	0.48
	参与技术培训	年均参与农业技术培训次数	1.55	1.00
家庭禀赋	老年人比重	60岁以上人口数/全家人口数	0.33	0.24
	兼业水平	非农收入/家庭总收入	0.43	0.30
	社会网络规模	与家庭保持联络的亲朋好友个数	21.24	16.16
生产特征	生产规模	小麦种植面积/亩	10.18	15.91
	土壤质量	好=1;不好=0	0.42	0.49
	土地细碎化程度	地块平均面积/亩	1.12	0.47
托管特征	病虫害防治托管	参与病虫害防治托管=1;未参与病虫害防治托管=0	0.36	0.48
	连片化防治	周边连片统治面积达到50亩及以上=1;周边连片统治面积不足50亩=0	0.28	0.45
	全程托管	全程托管=1;病虫害防治单环节托管=0	0.15	0.36
	村集体监管	村集体有监管行为=1;村集体没有监管行为=0	0.15	0.36
	绿色机械	利用飞防无人机防治=1;利用其他机械防治=0	0.23	0.43
	绿色技术	采用了生物/物理防治技术=1;未采用生物/物理防治技术=0	0.39	0.49

呈现出规模小和细碎化的特点。参与病虫害防治托管的农户占36%,共397户。接受50亩以上连片化病虫害防治托管的农户占28%,共311户。全程托管农户占15%^③,共165户;只参与病虫害防治单环节托管的农户占21%,共232户。托管过程中村集体有监管行为的农户占15%^④,共165户。

从投入产出来看(表2),样本农户小麦平均产出452.08 kg/亩,种子投入16.11 kg/亩,化肥投入69.30 kg/亩,农药投入49.84元/亩,机械投入140.07元/亩,劳动力投入4.44(人·日)/亩。

4 结果与分析

4.1 技术效率计算结果

利用极大似然法对技术效率模型进行估计(表3),总体方差 σ^2 和参数 γ 均在1%水平上显著,故采用随机前沿模型是合适的。进一步地, γ 值为0.934,表明93.4%的误差来源于技术非效率且在1%水平上显著。技术非效率检验($H_0: \gamma = \delta_0 - \delta_i = 0$)的LR值为161.44^⑤,自由度为9,临界值为16.92,拒绝原假设,

表2 技术效率模型描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of variables of the technical efficiency model

变量	变量说明	均值	标准误
产出	亩产/(kg/亩)	452.08	110.12
种子投入	种子投入量/(kg/亩)	16.11	5.04
化肥投入	化肥投入量/(kg/亩)	69.30	25.82
农药投入	农药投入成本 ^(a) /(元/亩)	49.84	16.41
机械投入	机械使用费与1-Z的较大值/(元/亩)	140.07	90.00
机械投入虚拟变量	机械使用费不为0=1;机械使用费为0=0	0.92	0.26
劳动力投入	雇工和自家工投入量/((人·日)/亩)	4.44	2.28
德州市样本	是=1;不是=0	0.30	0.46
临沂市样本	是=1;不是=0	0.26	0.44
烟台市样本	是=1;不是=0	0.24	0.43

注:(a)由于农药品类多还需稀释,农药用量数据不够准确,因此利用农药成本数据计算。

说明农户生产存在技术无效率现象。根据回归结果,化肥投入、农药投入和使用机械是提升小麦产

③ 部分全程托管农户的生产数据是通过当地病虫害防治托管组织与村集体调研进行补充的。

④ 调研中发现,样本地区的农户主要通过村集体购买托管服务,几乎不存在单独购买服务的情况,因此,利用托管过程中“村集体是否有监督行为”来区分村集体是否发挥了监督的作用。

⑤ 检验统计量为 $LR = -2[L(H_0) - L(H_1)]$,其中 $L(H_1)$ 为模型备择假设下对数似然值, $L(H_0)$ 为模型零假设下对数似然值。

2022年10月

表3 C-D生产函数回归结果

Table 3 Results of the C-D production function

变量	系数	标准误	T值
常数项	6.691***	0.133	50.24
种子投入	-0.031	0.025	-1.22
农药投入	0.039*	0.021	1.85
化肥投入	0.045**	0.018	2.52
机械投入	0.032**	0.015	2.18
机械投入虚拟变量	-0.086	0.077	-1.13
劳动力投入	0.022	0.015	1.48
德州市样本	0.019	0.020	0.97
临沂市样本	0.009	0.020	0.45
烟台市样本	-0.069***	0.021	-3.35
σ^2	0.271***	0.102	2.66
γ	0.934***	0.022	43.52

注: *、**、***分别表示在 10%、5%、1% 水平上显著。下同。

量的关键要素。计算可知,样本地区小麦生产平均技术效率为0.963,该结果与栾健等^[45]、胡祎等^[7]的测算结果基本一致。根据农药系数,计算出农户农药技术效率均值为0.462。

4.2 得分倾向匹配模型结果

4.2.1 参与病虫害防治托管的影响因素分析

从模型结果来看(表4),户主学历与风险态度显著为正。土地托管改变了传统的农业生产方式,脱离了“亲力亲为”与“亲眼所见”,只有充分了解托管服务价值以及乐于接受风险的农户才更敢于参

表4 参与病虫害防治托管的影响因素模型

Table 4 Influencing factors model of participation in the trusteeship of pest control

变量	系数	标准误	Z值
户主年龄	-0.007	0.007	-1.06
户主学历	0.213***	0.082	2.58
是否担任过行政职务	0.129	0.192	0.67
风险态度	0.468***	0.134	3.48
参与技术培训	-0.059	0.065	-0.91
老年人比重	-0.485*	0.294	-1.65
兼业水平	0.385*	0.229	1.68
社会网络规模	0.011***	0.004	2.92
生产规模	0.002	0.004	0.59
土壤质量	-0.071	0.132	-0.54
土地细碎化	0.238*	0.140	1.70
常数项	-1.256***	0.471	-2.67

与托管。社会网络规模的影响也显著为正,农户信息渠道越多、信息量越大,越愿意相信托管的作用。兼业水平与土地细碎化在10%水平上有正向影响。老年人比重在10%水平上有负向影响。担任行政职务和生产规模的影响为正但是不显著,户主年龄、参与培训与土地质量的影响为负但不显著。

4.2.2 共同支撑域与平衡性检验

在计算平均处理效应之前,需要进行共同支撑域与平衡性检验,以计算样本是否满足平均处理效应的假设。以最为常用的最近邻匹配法(1对4匹配^⑥)为例,样本匹配后,1097个观测值在共同取值范围之内仅损失了6个样本,满足共同支撑域条件。选取最近邻匹配、半径匹配、核匹配、局部线性回归匹配4种方法分别匹配以进行平衡性检验。结果表明(表5),Pseudo R^2 均接近于0,LR值匹配后均未被拒绝。因此,得分匹配显著降低了处理组和对照组之间的差异,匹配后两组样本在各个特征维度上基本相似,通过了平衡性检验,可以用来计算平均处理效应。

4.2.3 病虫害防治托管的平均处理效应

满足共同支撑和平衡性检验后,经过得分值加权后的平均处理效应计算可知,4种匹配方法的估计结果一致(表6)。以最近邻匹配方法为例,从反事实来看,参与病虫害防治托管的农户若自行生产则农药技术效率为0.457,由于参与了托管将农药技术效率提升到了0.480,提升了0.023,但是ATT并不显著,因此参与病虫害防治托管究竟能否提升农药生产技术效率还需要分情况讨论。

4.2.4 病虫害防治托管模式对农药技术效率的影响

根据托管规模、托管环节和托管监管的差异将

表5 平衡性检验结果

Table 5 Results of balance test

匹配方法	Pseudo R^2	LR 值	P 值	平均值 方差	中位数 方差
匹配前	0.030	42.77	0.00	10.90	8.70
最近邻匹配	0.003	3.08	0.99	2.80	1.90
半径匹配	0.001	0.86	1.00	1.60	1.00
核匹配	0.000	0.53	1.00	1.30	1.10
局部线性回归匹配	0.007	7.94	0.72	4.90	3.80

⑥ 根据 Abadie 等^[46]的研究,1对4匹配在最近邻匹配法中可最小化均方误差。

表6 农药技术效率平均处理效应

Table 6 Average treatment effect of technical efficiency of pesticides

匹配方法	处理组	控制组	ATT	T值
最近邻匹配	0.480	0.457	0.023	1.46
半径匹配	0.480	0.460	0.020	1.41
核匹配	0.480	0.461	0.019	1.35
局部线性回归匹配	0.480	0.463	0.017	0.87

样本进行分组,并利用最常用的最近邻匹配法(1对4)分别计算平均处理效应。

首先,考察托管规模对农药技术效率的影响。根据子样本1~4的ATT计算结果(表7),碎片化托管农户假如接受连片化托管,则农药技术效率上升0.089且在1%水平上显著。未参与托管的自主防治农户假如接受连片化托管,则农药技术效率上升0.040且在5%水平上显著。自主防治农户假如接受

碎片化托管,则农药技术效率会下降0.063且在10%水平上显著。上述结果表明:①连片化托管的农药技术效率要显著高于碎片化托管和自主防治。②碎片化托管与自主防治农户若参与连片化防治,则对技术效率有显著提升作用。③碎片化防治托管要略低于自主防治的农药技术效率。可见,形成横向分工效率的连片化防治能够有效发挥出同区域内统一防治的优势,而碎片化托管会存在较高的道德风险,导致其技术效率不及农户的精耕细作,验证了H1。

其次,考察托管环节对农药技术效率的影响。根据子样本5~8的ATT计算结果,病虫害防治单环节托管农户假如接受全程托管,则农药技术效率会上升0.087且在1%水平上显著。自主防治农户假如接受全程托管,则农药技术效率会上升0.072且

表7 各组别农户农药技术效率平均处理效应

Table 7 Average treatment effect of technical efficiency of pesticides by farming household group

样本组别	样本范围	组别	样本量	托管特征	均值	ATT	T值
子样本1	全体农户	处理组	311	连片化托管	0.508	0.059***	3.60
		控制组	792	碎片化托管与未参与托管	0.449		
子样本2	参与托管农户	处理组	311	连片化托管	0.511	0.089***	2.60
		控制组	86	碎片化托管	0.422		
子样本3	连片化托管农户和未参与托管农户	处理组	311	连片化托管	0.509	0.040**	2.39
		控制组	706	未参与托管	0.468		
子样本4	碎片化托管农户和未参与托管农户	处理组	86	碎片化托管	0.370	-0.063*	-1.91
		控制组	706	未参与托管	0.433		
子样本5	全体农户	处理组	165	全程托管	0.518	0.054***	2.70
		控制组	938	单环节托管与未参与托管	0.464		
子样本6	参与托管农户	处理组	165	全程托管	0.545	0.087***	3.35
		控制组	232	单环节托管	0.458		
子样本7	全程托管农户和未参与托管农户	处理组	165	全程托管	0.545	0.072***	3.33
		控制组	706	未参与托管	0.473		
子样本8	单环节托管农户和未参与托管农户	处理组	232	单环节托管	0.452	-0.012	-0.67
		控制组	706	未参与托管	0.464		
子样本9	全体农户	处理组	165	有村集体监管托管	0.464	-0.022	-1.10
		控制组	938	无村集体监管托管与未参与托管	0.486		
子样本10	参与托管农户	处理组	165	有村集体监管托管	0.464	-0.028	-1.02
		控制组	232	无村集体监管托管	0.492		
子样本11	有村集体监管托管农户和未参与托管农户	处理组	165	有村集体监管托管	0.464	0.007	0.36
		控制组	706	未参与托管	0.457		
子样本12	无村集体监管托管农户和未参与托管农户	处理组	232	无村集体监管托管	0.492	0.030	1.52
		控制组	706	未参与托管	0.462		

2022年10月

在1%水平上显著。自主防治农户假如接受病虫害防治单环节托管,则农药技术效率会下降0.012但并不显著。上述结果表明:①全程托管的农药技术效率要显著高于防治单环节托管和自主防治。②自主生产或单环节托管的农户若选择全程托管,则技术效率有显著提升。③病虫害防治单环节托管的农药技术效率与自主防治相差无几。由此可知,全程托管形成的纵向协同也是提升技术效率的有效路径之一,反之,单环节防治托管作业则会导致明显的道德风险,表现为粗放作业,导致技术效率下降,验证了H2。

可见,分工效率的提高使得社会化服务的专业化作业优势显著高于道德风险带来的效率损失。反之,没有形成有效分工的病虫害防治托管甚至会导致技术效率的下降,曾有研究指出“老人/妇女+农机服务”不仅不足以优化小农户生产效率,甚至可能造成向粗放经营的倒退^[47]。

最后,考察托管监管对农药技术效率的影响。根据子样本9~12的ATT计算结果,假如接受了有村集体监管的托管,则无村集体监管托管的农户农药技术效率会下降0.028。自主防治的农户假如接受了有村集体监管的托管,则农药技术效率会增加0.007。自主防治的农户假如接受了没有村集体监管的托管,则农药技术效率会增加0.030。但以上3种情况下的技术效率变动均不显著,表明托管过程中村集体的监管并没有影响技术效率,H3未能得以验证。村集体理论上的监管功能在实践中失效,可能因为病虫害防治的方案是非标准化的,导致村集体多数只能进行事后验收或账目查验,难以对作业

过程质量形成有效监督。可见,通过组织模式调整的方式无法在托管分工中实现迂回经济改善,尚不能提升技术效率。

由于部分托管模式仅能改善横向或纵向分工效率中的一种,因此,需要再考察连片化单环节托管、碎片化全程托管、连片化全程托管和碎片化单环节托管这4类托管模式对农药技术效率影响。根据结果(表8),自主防治农户如果参与连片化单环节托管,则农药技术效率会上升0.038且在10%水平上显著。证明横向分工效率的改善能够缓解病虫害防治单环节托管的劣势,也就是连片化统防统治的效率要高于自我防治。只形成了纵向分工效率的碎片化全程托管相比自主防治优势并不显著。进一步结合技术效率均值变化率(ATT值/控制组均值)可知,与农户自主防治相比,同时提高横向与纵向分工效率的连片化全程托管显著优于其他模式,其次是只形成横向规模分工的连片化单环节托管,而无法形成分工优势的碎片化单环节托管作业甚至会导致技术效率降低。

4.3 异质性分析与稳健性检验

4.3.1 异质性分析

为了明确各类托管服务模式对农药技术效率的影响是否具有规模异质性,将样本分为10亩以下、10~20亩(包括10亩)和20亩及以上3个组别分别分析。从整体来看(表9),病虫害防治托管对农药技术效率的提升作用并不显著。对于10亩及以下10~20亩的农户,参与连片化防治相比自主防治和碎片化防治、参与全程防治相比自主防治和单环节托管均能够显著提升技术效率。在20亩及以上

表8 不同分工效率模式下农药技术效率平均处理效应

Table 8 Average treatment effect of technical efficiency of pesticides by task division efficiency mode

组别	样本量	托管特征	均值	ATT	T值	技术效率均值变化率
处理组	208	连片化单环节托管	0.491	0.038*	1.90	0.084
控制组	706	未参与托管	0.453			
处理组	16	碎片化全程托管	0.518	0.036	0.85	0.075
控制组	706	未参与托管	0.483			
处理组	103	连片化全程托管	0.548	0.087***	3.67	0.189
控制组	706	未参与托管	0.460			
处理组	67	碎片化单环节托管	0.332	-0.155***	-4.88	-0.318
控制组	706	未参与托管	0.487			

表9 以规模划分的各组别农户农药技术效率平均处理效应

Table 9 Average treatment effect of technical efficiency of pesticides by farming household group of different scales

托管特征		10亩以下农户			10~20亩农户			20亩及以上农户		
		均值	ATT	T值	均值	ATT	T值	均值	ATT	T值
处理组	参与托管	0.478	0.028	1.52	0.480	0.023	1.46	0.476	-0.008	-0.15
控制组	未参与托管	0.450			0.457			0.483		
处理组	连片化托管	0.503	0.085**	2.22	0.508	0.059***	3.60	0.575	0.091*	1.80
控制组	碎片化托管与未参与托管	0.417			0.449			0.484		
处理组	连片化托管	0.510	0.078***	4.40	0.511	0.089***	2.60	0.545	0.238***	3.01
控制组	碎片化托管	0.430			0.422			0.307		
处理组	连片化托管	0.499	0.046**	2.36	0.509	0.040**	2.39	0.575	0.051	1.23
控制组	未参与托管	0.452			0.469			0.513		
处理组	碎片化托管	0.382	-0.056	-1.59	0.370	-0.060**	-2.01	0.242	-0.255***	-3.45
控制组	未参与托管	0.439			0.430			0.498		
处理组	全程托管	0.502	0.037	1.60	0.518	0.054***	2.71	0.594	0.087	1.34
控制组	单环节托管与未参与托管	0.465			0.464			0.507		
处理组	全程托管	0.534	0.081***	2.59	0.545	0.087***	3.35	0.623	0.128	1.49
控制组	单环节托管	0.453			0.458			0.495		
处理组	全程托管	0.534	0.057**	2.31	0.545	0.072***	3.33	0.630	0.136*	1.91
控制组	未参与托管	0.476			0.473			0.493		
处理组	单环节托管	0.455	-0.009	-0.43	0.452	-0.012	-0.67	0.416	-0.057	-1.04
控制组	未参与托管	0.464			0.464			0.473		
处理组	有村集体监管托管	0.452	-0.028	-1.24	0.464	-0.022	-1.10	0.618	0.127*	1.71*
控制组	无村集体监管托管与未参与托管	0.480			0.486			0.491		
处理组	有村集体监管托管	0.451	-0.055*	-1.78	0.464	-0.028	-1.02	0.538	0.055	0.57
控制组	无村集体监管托管	0.507			0.492			0.483		
处理组	有村集体监管托管	0.450	-0.010	-0.43	0.464	0.007	0.36	0.585	0.059	0.80
控制组	未参与托管	0.460			0.457			0.525		
处理组	无村集体监管托管	0.502	0.041*	1.75	0.490	0.030	1.52	0.432	-0.104*	-1.82
控制组	未参与托管	0.461			0.462			0.536		
样本量		817			169			117		

农户中,参与连片化托管和全程托管农户与相应控制组农户之间的ATT值相较其他两组规模农户数值更大,表明横向连片与纵向协同分工优势在较大规模农户中更加明显,但由于20亩及以上组农户样本量较小导致ATT值的显著性普遍不高。区分了生产规模后,参与碎片化托管和单环节托管均会导致个体技术效率的略微倒退,尤其是20亩及以上组农户接受碎片化防治的技术效率下降最明显。此外,尽管村集体监管在各个规模农户中依旧没有表现出

显著影响,但其作用随着面积的扩大略有提升。

4.3.2 更换研究方法检验

由于随机前沿模型测算出来的农户小麦农药技术效率值严格介于0~1之间,属于两端截断变量,因此利用IV-Tobit回归模型来考察参与病虫害防治托管作用的稳健性。参考多篇研究^[48,49],选择“本村该样本农户之外其他农户参与病虫害防治托管占比(%)”作为工具变量,原因如下:①工具变量具有相关性,社会化服务参与决策的区域特征明显^[2],该

2022年10月

工具变量反映了本地区农户病虫害防治托管普遍参与状况,与特定样本农户参与决策息息相关;②工具变量具有外生性,剔除了特定个体信息后的工具变量不会对该农户的病虫害防治托管决策产生影响。同时,利用是否参与连片化防治托管、是否参与全程托管和是否有村干部监管行为作为核心自变量,构建 IV-Tobit 模型以考察不同托管模式的差异,并选定相应的工具变量。4个 IV-Tobit 模型中的弱工具变量检验 *Wald* 值分别为 16.41、12.73、6.82 和 10.76,均高于 5%统计水平上拒绝弱工具变量假设的临界值,且第一阶段回归中工具变量均达到 1%水平上显著,可认为不存在弱工具变量的问题。IV-Tobit 回归结果表明(表 10),病虫害防治托管为正但仅在 10%水平上显著,而连片化防治托管与全程托管的正向影响分别在 1%水平上显著,这表明形成横向分工的连片化托管或者形成纵向协同的全程托管才能显著提升技术效率。村集体监管的作用为负且在 10%水平上显著,表明村集体监管并没有起到促进技术效率的作用。上述结果与得分倾向匹配法结论基本一致。

4.3.3 更换研究样本检验

利用截尾方法(将农药技术效率变量小于 1%百分位数和大于 99%百分位数的数值替换为缺失值)更换样本进行稳健性检验。截尾处理后的得分倾向模型结果与全体样本的分析结论基本一致(表 11),因篇幅原因不再赘述。

4.4 绿色生产要素对病虫害防治托管效用的影响

进一步以是否利用飞防无人机考察绿色机械在劳动力替代路径中的调节作用。飞防无人机作为绿色高效植保机械,与其他喷雾器作业相比具有喷洒精准度高、用药量低、飘逸少等优势。以是否采纳生物/物理防治技术考察绿色技术在技术引进路径中的调节作用。生物防控技术主要是利用培养自然界害虫天敌或栽培引诱害虫的植物来治虫,物理防控技术主要是利用诱虫灯或高压电网对害虫进行引诱。由于自变量与调节变量均为二分变量,利用多因素方差分析进行调节效应检验。

根据绿色机械的主效应和交互项效应显著性(表 12),只有在连片化托管中调节效应是显著的,利用无人机防治的托管相比利用其他机械防治能够正向强化托管对技术效率的提升作用,而碎片化托管、全程托管和单环节托管中交互项并不显著,可见只有形成了一定横向作业规模才能有效体现出无人机作业节约、高效的优势,防治规模不足是制约飞防无人机功能发挥的关键因素。

根据绿色技术的主效应和交互项效应显著性(表 13),采纳生物/物理防治技术能够正向强化连片化托管以及全程托管对技术效率的提升作用。在连片化托管中,托管主体多会结合统防统治政策为农户统一设置诱虫灯等,也会考虑到绿色技术的存在而优化农药使用。但在单环节和碎片化托管过程中,托管主体通常采用普通防治手段,也不会根

表 10 IV-Tobit 模型估计结果
Table 10 Results of the IV-Tobit model

变量	第一阶段回归	第二阶段回归
病虫害防治托管		0.081*(0.042)
本村该样本农户之外其他农户参与病虫害防治托管占比	0.582*** (0.048)	
控制变量	控制	控制
连片防治托管		0.116*** (0.032)
本村该样本农户之外其他农户参与连片防治托管占比	0.836*** (0.049)	
控制变量	控制	控制
全程托管		0.077*** (0.029)
本村该样本农户之外其他农户参与全程托管占比	1.234*** (0.046)	
控制变量	控制	控制
有村集体监管行为		-0.188* (0.097)
本村该样本农户之外其他农户参与有村集体监管行为托管占比	0.682*** (0.096)	
控制变量	控制	控制

表 11 截尾处理后各组别农户农药技术效率平均处理效应

Table 11 Average treatment effect of technical efficiency of pesticides by farming household group after tailing treatment

样本组别	样本范围	组别	样本量	托管特征	均值	ATT	T值
全体样本	全体农户	处理组	387	病虫害防治托管	0.476	0.151	0.98
		控制组	695	未参与托管	0.461		
子样本 1	全体农户	处理组	304	连片化托管	0.502	0.031*	1.92
		控制组	778	碎片化托管与未参与托管	0.471		
子样本 2	参与托管农户	处理组	304	连片化托管	0.505	0.090***	2.69
		控制组	83	碎片化托管	0.415		
子样本 3	连片化托管农户和未参与托管农户	处理组	304	连片化托管	0.505	0.044***	2.64
		控制组	695	未参与托管	0.460		
子样本 4	碎片化托管农户和未参与托管农户	处理组	83	碎片化托管	0.370	-0.086***	-2.94
		控制组	695	未参与托管	0.455		
子样本 5	全体农户	处理组	161	全程托管	0.510	0.045**	2.26
		控制组	921	单环节托管与未参与托管	0.465		
子样本 6	参与托管农户	处理组	161	全程托管	0.534	0.060**	2.32
		控制组	226	单环节托管	0.475		
子样本 7	全程托管农户和未参与托管农户	处理组	161	全程托管	0.532	0.068***	3.17
		控制组	695	未参与托管	0.464		
子样本 8	单环节托管农户和未参与托管农户	处理组	226	单环节托管	0.451	-0.012	-0.68
		控制组	695	未参与托管	0.463		
子样本 9	全体农户	处理组	162	有村集体监管托管	0.457	-0.020	-1.06
		控制组	920	无村集体监管托管与未参与托管	0.478		
子样本 10	参与托管农户	处理组	162	有村集体监管托管	0.459	-0.027	-1.02
		控制组	225	无村集体监管托管	0.486		
子样本 11	有村集体监管托管农户和未参与托管农户	处理组	162	有村集体监管托管	0.457	0.006	0.32
		控制组	695	未参与托管	0.464		
子样本 12	无村集体监管托管农户和未参与托管农户	处理组	225	无村集体监管托管	0.489	0.030	1.57
		控制组	695	未参与托管	0.459		

表 12 绿色机械的调节效应模型

Table 12 Moderating effect model of green machinery

变量	连片化托管				碎片化托管			
	自由度	均方	F值	P值	自由度	均方	F值	P值
托管决策	1	0.026	0.54	0.462	1	0.434	9.19	0.003***
绿色机械	1	0.140	2.95	0.086	1	1.904	40.36	0.000***
托管决策×绿色机械	1	0.208	4.37	0.037**	1	0.016	0.33	0.567
变量	全程托管				单环节托管			
	自由度	均方	F值	P值	自由度	均方	F值	P值
托管决策	1	0.056	1.18	0.277	1	0.535	11.35	0.001***
绿色机械	1	1.235	25.95	0.000***	1	1.187	25.16	0.000***
托管决策×绿色机械	1	0.001	0.01	0.917	1	0.080	1.69	0.193

表 13 绿色技术的调节效应模型

Table 13 Moderating effect model of green technology

变量	连片化托管				碎片化托管			
	自由度	均方	F值	P值	自由度	均方	F值	P值
托管决策	1	0.021	0.46	0.497	1	0.283	5.86	0.016**
绿色技术	1	4.000	88.89	0.000***	1	0.615	12.72	0.000***
托管决策×绿色技术	1	2.137	47.47	0.000***	1	0.036	0.74	0.391

变量	全程托管				单环节托管			
	自由度	均方	F值	P值	自由度	均方	F值	P值
托管决策	1	0.001	0.02	0.899	1	0.031	0.64	0.423
绿色技术	1	2.442	52.34	0.000***	1	0.934	19.19	0.000***
托管决策×绿色技术	1	1.132	24.25	0.000***	1	0.112	2.31	0.129

据农户的具体情况进行调整,导致生物/物理防治的强化功能难以发挥。在全程托管中,为追求利益最大化,服务主体会根据生物/物理防治技术采纳的情况调节农药打药次数和用量,在实现防控的同时提升了农药利用效率。

5 结论与政策建议

5.1 结论

为探究农户参与病虫害防治托管是否会对生产技术效率产生影响,本文利用山东省 1103 户农户调研数据,分别从横向分工效率、纵向协同效率和中间品投入 3 条路径刻画了不同病虫害防治托管类型对小麦生产技术效率的影响,并且分析了绿色生产技术效率在其中的调节作用。主要得出了以下结论:

(1)样本地区平均小麦农药技术效率为 0.462,病虫害防治托管能够将农户的农药技术效率提升 0.023,提升效应并不显著。

(2)分组讨论认为,连片化托管与全程托管对技术效率的提升作用非常显著,而碎片化防治与单环节防治则略低于自主防治的技术效率。村集体的监督并未起到提升技术效率的作用。可见,病虫害防治托管是否有效取决于能否实现以连片规模化驱动的横向分工效率或以全程托管驱动的纵向协同效率。

(3)与农户自主作业相比,同时满足连片横向规模与纵向协同分工的托管模式技术效率提升效用最为显著,形成规模连片化的病虫害统防统治能够缓解单环节托管的效率劣势。

(4)各类托管模式对技术效率的影响在不同规模农户中存在异质性,随着规模的增加,横向分工与纵向协同效应对技术效率的提升优势更显著,且村集体监管开始表现出一定提升技术效率的作用。

(5)发挥绿色生产要素的调节作用也有赖于分工效率的形成。利用绿色机械能够正向强化连片化托管对技术效率的提升作用,采纳绿色技术能够正向强化连片化托管以及全程托管对技术效率的提升作用。

5.2 政策建议

在“大国小农”的国情下,发展病虫害防治托管应优先推进服务的规模化,扩大市场容量,引导小农户进入服务市场,然后逐步优化纵向协同分工模式,实现病虫害防治的专业化与精准化。具体政策建议包括:

(1)着力推进连片化托管以形成横向分工效率。突出村集体的重要力量,充分发挥其居间服务的优势,推广行之有效的“村集体集中流转+生产托管”“托管员统一组织+生产托管”等模式。

(2)扩大规模化统防统治范围,制定托管规范,设置托管服务组织黑名单,严查不规范、不负责的托管组织。

(3)逐步推进全程托管以增强纵向协同分工。对于农户家庭经营意愿较强的地区,可以从推广病虫害防治的单环节托管入手,逐步转变农户的生产经营方式;在农业劳动力转移程度较高的地区,可以重点推广关键环节综合托管、全程托管等模式,解决“谁来种地”难题。

(4)加强绿色防控要素与托管防治的有效结合。加强对托管主体开展飞防无人机等自动化机械防治的培训,还需根据农户防控条件和防控技术灵活调整农药用量和防治次数,提升农药利用效率。

参考文献(References):

- [1] 杨志海. 生产环节外包改善了农户福利吗? 来自长江流域水稻种植农户的证据[J]. 中国农村经济, 2019, (4): 73-91. [Yang Z H. Can outsourcing of agricultural production improve the welfare of farm households? Evidence from rice farmers in Yangtze Valley [J]. Chinese Rural Economy, 2019, (4): 73-91.]
- [2] 罗明忠, 邱海兰. 农机社会化服务采纳、禀赋差异与农村经济相对贫困缓解[J]. 南方经济, 2021, (2): 1-18. [Luo M Z, Qiu H L. Agricultural machinery socialization service adoption, endowment difference and alleviation of rural economic relative poverty[J]. South China Journal of Economics, 2021, (2): 1-18.]
- [3] 李忠旭, 庄健. 土地托管对农户家庭经济福利的影响: 基于非农就业与农业产出的中介效应[J]. 农业技术经济, 2021, (1): 20-31. [Li Z X, Zhuang J. Impact of land trusteeship on the economic welfare of farmers' families: The intermediation effect based on non-agricultural employment and agricultural output[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2021, (1): 20-31.]
- [4] 杨高第, 张露, 岳梦, 等. 农业社会化服务可否促进农业减量化生产? 基于江汉平原水稻种植农户微观调查数据的实证分析[J]. 世界农业, 2020, (5): 85-95. [Yang G D, Zhang L, Yue M, et al. Can agricultural production services promote agricultural production reduction? Empirical analysis based on survey data of rice farmers in Jiangnan Plain[J]. World Agriculture, 2020, (5): 85-95.]
- [5] 闫阿倩, 罗小锋, 黄炎忠. 社会化服务对农户农药减量行为的影响研究[J]. 干旱区资源与环境, 2021, 35(10): 91-97. [Yan A Q, Luo X F, Huang Y Z. Influence of socialized services on farmers' pesticide reduction behavior[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2021, 35(10): 91-97.]
- [6] 梁志会, 张露, 刘勇, 等. 农业分工有利于化肥减量施用吗? 基于江汉平原水稻种植户的实证[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(1): 150-159. [Liang Z H, Zhang L, Liu Y, et al. Is the agricultural division of labor conducive to the reduction of fertilizer input? Empirical evidence from rice production households in the Jiangnan Plain[J]. China Population, Resources and Environment, 2020, 30(1): 150-159.]
- [7] 胡祎, 张正河. 农机服务对小麦生产技术效率有影响吗?[J]. 中国农村经济, 2018, (5): 68-83. [Hu Y, Zhang Z H. The impact of agricultural machinery service on technical efficiency of wheat production[J]. Chinese Rural Economy, 2018, (5): 68-83.]
- [8] 张恒, 郭翔宇. 农业生产性服务业发展与农业全要素生产率提升: 地区差异性与空间效应[J]. 农业技术经济, 2021, (5): 93-107. [Zhang H, Guo X Y. The promotion effect of agricultural producer services on agricultural total factor productivity: Regional differences and spatial effect[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2021, (5): 93-107.]
- [9] 张永强, 田媛. 社会化服务模式对农户技术效率的影响[J]. 农业技术经济, 2021, (6): 84-100. [Zhang Y Q, Tian Y. The impact of agricultural socialized service mode on the farmers' technical efficiency[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2021, (6): 84-100.]
- [10] 陈儒, 孔英. 农户低碳生产的技术效率及其影响因素[J]. 资源科学, 2022, 44(7): 1405-1421. [Chen R, Kong Y. Technical efficiency of low-carbon production of smallholders and influencing factors[J]. Resources Science, 2022, 44(7): 1405-1421.]
- [11] 李翠霞, 许佳彬, 王洋. 农业绿色生产社会化服务能提高农业绿色生产率吗?[J]. 农业技术经济, 2021, (9): 36-49. [Li C X, Xu J B, Wang Y. Can socialized service of agricultural green production improve agricultural green productivity?[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2021, (9): 36-49.]
- [12] 杨思雨, 蔡海龙, 丁志超. 农机社会化服务对小麦生产技术效率的影响[J]. 中国农业资源与区划, 2022, 43(3): 97-105. [Yang S Y, Cai H L, Ding Z C. Influence of socialized service of agricultural machinery on wheat production technology efficiency[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2022, 43(3): 97-105.]
- [13] 张忠军, 易中懿. 农业生产性服务外包对水稻生产率的影响研究: 基于358个农户的实证分析[J]. 农业经济问题, 2015, 36(10): 69-76. [Zhang Z J, Yi Z Y. Impact of agricultural outsourcing on rice productivity[J]. Issues in Agricultural Economy, 2015, 36(10): 69-76.]
- [14] 孙顶强, 卢宇桐, 田旭. 生产性服务对中国水稻生产技术效率的影响: 基于吉、浙、湘、川4省微观调查数据的实证分析[J]. 中国农村经济, 2016, (8): 70-81. [Sun D Q, Lu Y T, Tian X. The impact of agricultural production services on the technical efficiency of China's rice production: An empirical assessment with micro data from Jilin, Zhejiang, Hunan and Sichuan Provinces[J]. Chinese Rural Economy, 2016, (8): 70-81.]
- [15] 田红宇, 付玮琼. 农户务农劳动力质量与水稻生产技术效率: 基于土地流转和农业社会化服务调节视角[J]. 商业研究, 2021, (2): 88-98. [Tian H Y, Fu W Q. The quality of rural labor force and rice production technical efficiency[J]. Commercial Research, 2021, (2): 88-98.]
- [16] Young A. Increasing returns and economic progress[J]. The Economic Journal, 1928, 38(152): 527-542.
- [17] Yang X K, Borland J. A microeconomic mechanism for economic growth[J]. Journal of Political Economy, 1991, 99(3): 460-482.

2022年10月

- [18] 罗必良. 论服务规模经营: 从纵向分工到横向分工及连片专业化[J]. 中国农村经济, 2017, (11): 2-16. [Luo B L. Service scale management: Vertical division of labor, horizontal division of labor and specialization of connected farmland[J]. Chinese Rural Economy, 2017, (11): 2-16.]
- [19] 何一鸣, 张苇锟, 罗必良. 农业分工的制度逻辑: 来自广东田野调查的验证[J]. 农村经济, 2020, (7): 1-13. [He Y M, Zhang W K, Luo B L. Institutional logic of agricultural division of labor[J]. Rural Economy, 2020, (7): 1-13.]
- [20] 徐勤航, 诸培新, 曲福田. 小农户组织化获取农业生产性服务: 演进逻辑与技术效率变化[J]. 农村经济, 2022, (4): 107-117. [Xu Q H, Zhu P X, Qu F T. Small farmers' organized access to agricultural productive services: Evolution logic and changes in technical efficiency[J]. Rural Economy, 2022, (4): 107-117.]
- [21] 张露, 罗必良. 规模经济抑或分工经济: 来自农业家庭经营绩效的证据[J]. 农业技术经济, 2021, (2): 4-17. [Zhang L, Luo B L. Economies of scale or division of labor economy? Evidence from household operation performance in agriculture[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2021, (2): 4-17.]
- [22] 张梅, 杨洒, 颜华. 农业生产托管模式效率差异及其影响因素研究: 以黑龙江省为例[J]. 农业现代化研究, 2022, 43(3): 484-492. [Zhang M, Yang S, Yan H. Efficiency differences and influencing factors of agricultural production outsourcing modes: A case study of Heilongjiang Province[J]. Research of Agricultural Modernization, 2022, 43(3): 484-492.]
- [23] 王志刚, 申红芳, 廖西元. 农业规模经营: 从生产环节外包开始: 以水稻为例[J]. 中国农村经济, 2011, (9): 4-12. [Wang Z G, Shen H F, Liao X Y. Economy to scale in agriculture: Starting from out-sourcing of production links: Taking rice production as an example[J]. Chinese Rural Economy, 2011, (9): 4-12.]
- [24] 孙顶强, 邢钰杰. 病虫害统防统治服务的产出效应与风险效应研究: 基于江苏省水稻种植户的实证分析[J]. 农业技术经济, 2022, (2): 4-15. [Sun D Q, Xing Y J. The output effect and risk effect of professional pest and disease control service: An empirical study on paddy rice production in Jiangsu Province[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2022, (2): 4-15.]
- [25] 黄炎忠, 罗小锋, 唐林, 等. 绿色防控技术的节本增收效应: 基于长江流域水稻种植户的调查[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(10): 174-184. [Huang Y Z, Luo X F, Tang L. Cost-saving and income-increasing effect of green control techniques: Evidence from rice growers in the Yangtze Basin[J]. China Population, Resources and Environment, 2020, 30(10): 174-184.]
- [26] 应瑞瑶, 徐斌. 农作物病虫害专业化防治服务对农药施用强度的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(8): 90-97. [Ying R Y, Xu B. Effects of regional pest control adoption on pesticides application[J]. China Population, Resources and Environment, 2017, 27(8): 90-97.]
- [27] 顾晨景, 周宏. 生产性服务业对农业全要素生产率的影响研究: 基于中介效应的影响路径分析[J]. 中国农业资源与区划, 2022, 43(3): 106-116. [Gu S J, Zhou H. Study on the influence of producer services on agricultural total factor productivity: Analysis of the influence path based on mediating effect[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2022, 43 (3): 106-116.]
- [28] 陈欢, 周宏, 吕新业. 农户病虫害统防统治服务采纳行为的影响因素: 以江苏省水稻种植为例[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2018, 18(5): 104-111. [Chen H, Zhou H, Lv X Y. Analysis of farmers' adoption of regional pest control program: Based on empirical analysis of Jiangsu[J]. Journal of Northwest A&F University (Social Science Edition), 2018, 18(5): 104-111.]
- [29] 蔡键, 刘文勇. 农业社会化服务与机会主义行为: 以农机手作业服务为例[J]. 改革, 2019, (3): 18-29. [Cai J, Liu W Y. Agricultural social service and opportunistic behavior: Take agricultural machinery operation services as example[J]. Reform, 2019, (3): 18-29.]
- [30] 胡凌啸, 周应恒, 武舜臣. 农资零售商转型驱动的土地托管模式实现机制研究: 基于产业链纵向整合理论的解释[J]. 中国农村观察, 2019, (2): 49-60. [Hu L X, Zhou Y H, Wu S C. The mechanism of land trusteeship mode driven by agricultural retailers' transformation: An explanation based on theory of vertical integration of industry chain[J]. China Rural Survey, 2019, (2): 49-60.]
- [31] 芦千文, 高鸣. 农业生产性服务联结机制的演变与创新[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2019, 18(6): 23-34. [Lu Q W, Gao M. Evolution logic and innovation direction of agricultural productive services linkage mechanism[J]. Journal of South China Agricultural University (Social Science Edition), 2019, 18(6): 23-34.]
- [32] 潘璐. 村集体为基础的农业组织化: 小农户与现代农业有机衔接的一种路径[J]. 中国农村经济, 2021, (1): 112-124. [Pan L. Village collective-based agricultural organization: A pathway connecting smallholders with modern agriculture[J]. Chinese Rural Economy, 2021, (1): 112-124.]
- [33] 韩庆龄. 村社统筹: 小农户与现代农业有机衔接的组织机制[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2020, 20(3): 34-43. [Han Q L. Co-ordination of village organizations: Organizational mechanism of organic connection between small farmers and modern agriculture[J]. Journal of Nanjing Agricultural University (Social Sciences Edition), 2020, 20(3): 34-43.]
- [34] 钟丽娜, 吴惠芳, 梁栋. 集体统筹: 小农户与现代农业有机衔接的组织化路径: 黑龙江省K村集体土地规模经营实践的启示[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2021, 21(2): 126-135. [Zhong L N, Wu H F, Liang D. Co-ordination of village organizations: Organizational path of organic connection between smallholders and modern agriculture: Experience of enlightenment from K village, Heilongjiang Province[J]. Journal of Nanjing Agricultural

- al University (Social Sciences Edition), 2021, 21(2): 126–135.]
- [35] 何宇鹏, 武舜臣. 连接就是赋能: 小农户与现代农业衔接的实践与思考[J]. 中国农村经济, 2019, (6): 28–37. [He Y P, Wu S C. Connection as empowerment: The practices of linking small-scale farm households with modern agriculture in China and their implications[J]. Chinese Rural Economy, 2019, (6): 28–37.]
- [36] 杜洪燕, 陈俊红, 李芸. 推动小农户与现代农业有机衔接的农业生产托管组织方式和利益联结机制[J]. 农村经济, 2021, (1): 31–38. [Du H Y, Chen J H, Li Y. Agricultural production trusteeship organization and benefit linkage mechanism for promoting the organic connection between small farmers and modern agriculture [J]. Rural Economy, 2021, (1): 31–38.]
- [37] 王玉斌, 李乾. 农业生产托管利益分配模式比较研究[J]. 改革, 2019, (8): 119–127. [Wang Y B, Li Q. Comparative study on benefit distribution model of trusteeship in agricultural production[J]. Reform, 2019, (8): 119–127.]
- [38] Aigner D, Lovell C A A, Schmidt P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models[J]. Journal of Econometrics, 1977, 6(1): 21–37.
- [39] Meeusen W, Broeck J. Efficiency estimation from Cobb–Douglas production functions with composed error[J]. International Economic Review, 1977, 18(2): 435–444.
- [40] Taylor T G, Shonkwiler J S. Alternative stochastic specifications of the frontier production function in the analysis of agricultural credit programs and technical efficiency[J]. Journal of Development Economics, 1986, 21(1): 149–160.
- [41] Battese G E, Coelli T J. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data[J]. Empirical Economics, 1995, (2): 325–332.
- [42] Battese G E. A note on the estimation of Cobb–Douglas production functions when some explanatory variables have zero values[J]. Journal of Agricultural Economics, 1997, 48(1): 250–252.
- [43] 高杨, 张笑, 陆皎, 等. 家庭农场绿色防控技术采纳行为研究[J]. 资源科学, 2017, 39(5): 934–944. [Gao Y, Zhang X, Lu J, et al. Research on adoption behavior of green control techniques by family farms[J]. Resources Science, 2017, 39(5): 934–944.]
- [44] 司瑞石, 陆迁, 张强强, 等. 土地流转对农户生产社会化服务需求的影响: 基于PSM模型的实证分析[J]. 资源科学, 2018, 40(9): 1762–1772. [Si R S, Lu Q, Zhang Q Q, et al. Influence of land circulation on socialized service needs for farmers' production based on the empirical analysis of PSM model[J]. Resources Science, 2018, 40(9): 1762–1772.]
- [45] 栾健, 韩一军. 干旱灾害与农田灌溉对小麦生产技术效率的影响[J]. 资源科学, 2019, 41(8): 1387–1399. [Luan J, Han Y J. Impacts of drought disasters and farmland irrigation on wheat production technical efficiency[J]. Resources Science, 2019, 41(8): 1387–1399.]
- [46] Alberto A, Guido W I, David D. Implementing matching estimators for average treatment effects in Stata[J]. Stata Journal, 2004, 4(3): 290–311.
- [47] 董欢, 郭晓鸣. 生产性服务与传统农业: 改造抑或延续: 基于四川省501份农户家庭问卷的实证分析[J]. 经济学家, 2014, (6): 84–90. [Dong H, Guo X M. Production services and traditional agriculture: Reform or continue: Empirical analysis based on 501 sheets of rural family questionnaires from Sichuan Province[J]. Economist, 2014, (6): 84–90.]
- [48] 黄斌, 高强. 农地确权对农机社会化服务的影响: 来自黄淮海农区的经验证据[J]. 资源科学, 2021, 43(6): 1115–1127. [Huang B, Gao Q. The impact of agricultural land rights confirmation on agricultural machinery service adoption: Evidence from the North China Plain[J]. Resources Science, 2021, 43(6): 1115–1127.]
- [49] 张寒, 周正康, 杨红强, 等. 劳动力成本上升对农户营林投入结构的影响: 基于林业社会化服务供给约束的视角[J]. 中国农村经济, 2022, (4): 106–125. [Zhang H, Zhou Z K, Yang H Q, et al. The impact of increased labor costs on farmers' input structure of forestland management: An analysis from the perspective of supply constraints of forestry socialized services[J]. Chinese Rural Economy, 2022, (4): 106–125.]

Impact of pest control trusteeship on technical efficiency: From the perspective of horizontal division efficiency and vertical coordination efficiency

LI Qi, LI Kai

(School of Economics, Qufu Normal University, Rizhao 276800, China)

Abstract: With the outflow of rural labor, improving the agricultural production trusteeship system has become an effective way to connect small farmers and modern agricultural development. Since production trusteeship has been playing an increasingly important role in the field of high-quality agricultural development, this study examined the effect of different kinds of pest control trusteeship on the technical efficiency of pesticides and pathways of influence from the perspective of task division efficiency using data from a survey of 1103 wheat growers in Shandong Province. After using the propensity score matching model to solve the problems of endogenous and self-selection, it was concluded that participation in the trusteeship was not always able to improve the technical efficiency of farmers' production: (1) The large-scale trusteeship that formed the horizontal division efficiency or the whole process trusteeship that deepened the vertical coordination efficiency played a significant role in improving the technical efficiency of pesticides, while the fragmented trusteeship and the single step trusteeship for pest control were not able to optimize the production efficiency, and their technical efficiency of pesticides were even lower than that from the intensive cultivation of farmers. (2) Forming horizontal division efficiency of pest control could alleviate the inefficiency of single step trusteeship. (3) Village collective supervision of production trusteeship did not play a role in improving technical efficiency. These conclusions are still valid in the scale heterogeneity analysis and after replacing the propensity score matching model with the IV-Tobit model and truncated samples. (4) Green machinery and green technology had a significant positive strengthening function on improving technical efficiency in the trusteeship with division efficiency. Our results provide some reference for optimizing the current agricultural production trusteeship system and improving the quality and efficiency of production trusteeship.

Key words: pest control; agricultural production trusteeship; technical efficiency of pesticides; horizontal division efficiency; vertical coordination efficiency; propensity score matching; stochastic frontier approach; Shandong